

1-й экз.
✓

СОВЕТСКАЯ НАУКА

6

И Ю Н Ь

1 9 4 0

ОРГАН ВСЕСОЮЗНОГО КОМИТЕТА по ДЕЛАМ ВЫСШЕЙ
ШКОЛЫ при СНК СССР, ЦК СОЮЗА РАБОТНИКОВ
ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ и НАУЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ



СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Проф. А. П. Гагарин — Из истории идеологической борьбы в Западной Украине	3
Проф. М. Т. Иовчук — А. Н. Радищев и его «Путешествие из Петербурга в Москву»	17
Проф. Э. Кольман — Физические основы специальной теории относительности	31
Б. Г. Иванов — О направлениях и задачах климатологии	47
Проф. А. И. Опарин — Современное состояние проблемы происхождения жизни на земле	63
Акад. В. П. Филатов — Лечебная пересадка тканей	81
П. Н. Яковлев — Роль мичуринских идей в развитии социалистического земледелия	92
Проф. Б. Г. Кузнецов — Жизнь Н. И. Лобачевского	109
Новости науки	127
Ииж. Н. В. Виноградов — Выдающееся произведение советской географии и картографии	135
Проф. Г. А. Шмидт — А. Н. Северцов «Морфологические закономерности эволюции»	145

Техред. П. Бодров.

Поступил в производство 4/VI—40 г. 70×106^{1/16}. Подписано к печ. 31/VIII—40 г.
Уполномоч. Мособлторгплата № В—10084. Объем 10 н. л. Заказ № 1980. Тираж 16.600 экз.

Типография газеты «Правда» имени Сталина, Москва, ул. «Правды», 24.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Проф. Э. Кольман

(Институт философии Академии наук СССР)

Эпоха империализма влечет за собой, как известно, кризис естественных наук, в том числе и кризис физики, революционную ломку всех основных понятий физики. В этом кризисе особую роль играют две ведущие физические теории, родившиеся благодаря новой технике, благодаря тому, что мы научились познавать глубже, чем раньше, разнообразные формы материи и ее движения. Это — теория относительности и квантовая теория.

Поскольку они представляют значительную трудность для их понимания и усвоения даже для тех, кто, в общем, знаком с физикой и математикой, мы попытаемся здесь изложить в возможно доступной форме физическую сторону теории относительности, а затем укажем на философские предпосылки этой теории и философские выводы, следующие из нее.

Теория относительности — это учение о роли пространства и времени в физических процессах. Она возникла из противоречий между старой ньютоновской механикой и новой электродинамикой, родившейся в середине XIX в. Для того, чтобы уяснить это противоречие, которое затрагивает основные физические и философские понятия, остановимся сначала на том, как понимал пространство и время Ньютон, а после него (с 1687 г.) и все физики, вплоть до 1905 г., когда Эйнштейн выступил с специальным принципом теории относительности.

Допустим, нам нужно изучить простейшее движение, т. е. механическое движение — перемещение. Для этого, как известно, необходимо установить для каждого момента времени положение перемещающегося тела относительно какого-либо другого, неподвижного тела, т. е. надо определить координаты этого тела в пространстве и момент времени, когда оно находится именно в данном положении. Как подчеркивал еще Энгельс, понятие движения предполагает по меньшей мере два тела. Ясно, что без измерений относительно какой-то системы отсчета нет возможности определить и движение тела. Тут, естественно, возникает вопрос: можно ли выбирать такую систему отсчета произвольно или нет? Если мы произвольно выберем одну систему отсчета и изучим данное движение и кроме того опять-таки произвольно выберем другую систему отсчета и изучим то же движение, — будут ли законы движения одни и те же? На этот вопрос Ньютоном был дан отрицательный ответ.

Ньютон утверждал, что выбор системы отсчета не может быть произвольным, что среди всех возможных систем отсчета существует одна единственная, предпочтительная система отсчета. Этой, так сказать, настоящей, истинной системой отсчета являются, утверждал Ньютон, абсолютное пространство и абсолютное время. Абсолютное пространство Ньютон представлял себе как чистую протяженность — некое неподвиж-

ное вместилище вещей, не связанное с материей, своего рода пустое жилище, в которое вселена движущаяся материя, вещество. Абсолютное время Ньютон представлял себе как чистую, невещественную длительность, как время, которое течет везде и всюду, во всей вселенной одинаково и не связано ни с материей, ни с пространством.

К этой абсолютной системе отсчета, к абсолютному пространству и абсолютному времени и должны относиться, по Ньютону, все наши измерения промежутков времени и пространственных расстояний, если мы желаем получить истинную картину того движения, которое происходит на деле. И только те системы отсчета будут давать правильное отображение действительности, которые относительно абсолютной системы отсчета будут находиться в покое.

Как же проверить — находится ли та или другая принятая система отсчета в покое относительно абсолютной системы? На этот вопрос Ньютон дал ответ, указав, что если мы отнесем какое-либо движение к такой правильно избранной системе отсчета, то законы механики не будут искажены, они должны полностью иметь в ней место. Практически представляли себе, что абсолютной системой отсчета является звездное небо, так называемые неподвижные звезды.

Однако следует сделать несколько замечаний, усложняющих все эти представления. Еще до Ньютона Галилей, собственно, первым заложивший в 1632 г. основы научной механики, заметил, что законы механики, справедливые в какой-либо покоящейся системе, остаются справедливыми и в системе, движущейся равномерно и прямолинейно относительно первой системы.

В самом деле, допустим, что у нас имеется вагон, движущийся прямолинейно и равномерно по горизонтальным рельсам без трения, т. е.

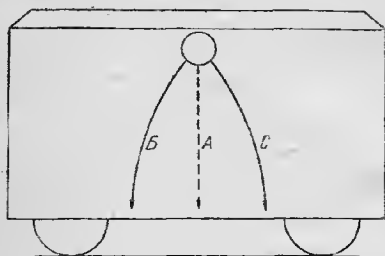


Рис. 1

с постоянной скоростью, без толчков (см. рис. 1). Если в этом вагоне, пока он находился в покое, упал с потолка какой-либо предмет, то он падал по прямой А вертикально вниз. Но если этот вагон движется прямолинейно и равномерно с какой-то линейной скоростью v , то каким в этом случае будет по отношению к вагону падение предмета? С первого взгляда может показаться, что падение будет происходить по линии Б. Многие рассуждают таким образом: если бы вагон стоял, то предмет падал бы

прямо вниз, а раз он движется вперед, то предмет в вагоне будет падать назад. Это, однако, неправильно. Правильный ответ не так прост.

Хотя вагон и находится в движении, человек, сидящий в вагоне, увидит, что предмет падает отвесно вниз по прямой А. (При этом предполагается, что предмет начинает падать уже в движущемся вагоне.) Но, допустим, что вагон имеет боковую стенку стеклянную и кто-либо, стоя на платформе, будет наблюдать за тем, что происходит в вагоне; ему будет видно, что предмет падает по линии С вперед. Кто же прав? Оба будут правы: и сидящий в вагоне, и находящийся на платформе. Почему? Потому что говорить о «движении вообще» бессмысленно. Движение одного тела можно представить лишь по отношению к какому-то другому телу, к определенной системе отсчета. Если падение предмета рассматривать по отношению к вагону, то наблюдается одна кар-

тина движения предмета, если же падение предмета рассматривается по отношению к платформе, то получается другая картина движения, при этом здесь нет ничего субъективного, нет того, что первому наблюдателю «кажется» одно, а второму — другое, ибо просто не существует другого движения, кроме движения одного тела относительно другого. Поэтому и не имеет смысла спрашивать, какое из этих движений истинно, так как истинны оба.

Второй урок, который нам может дать описанный простейший эксперимент, заключается в следующем. Оба человека, как сидящий в вагоне, не движущемся относительно платформы, так и человек, сидящий в вагоне, движущемся относительно платформы прямолинейно и равномерно, наблюдая за падением предмета, придут к одному и тому же результату. Таким образом, посредством этого механического эксперимента сидящему в вагоне в том и другом случае не удастся установить — движется вагон или нет.

Этот вывод можно обобщить, сказав, что какие бы механические эксперименты ни производились в прямолинейно и равномерно движущемся вагоне, посредством их мы не в состоянии установить — движется ли этот вагон или находится в состоянии покоя. Другими словами, с точки зрения механики, нет никакого различия между покоем и прямолинейно-равномерным движением. Это положение и носит название принципа относительности Галилея. Его называют теперь классическим принципом относительности, так как под классической физикой сейчас понимают всю физику до теории относительности и квантовой теории, т. е. примерно до начала XX в.

Принцип относительности Галилея можно сформулировать еще и иначе, сказав, что с точки зрения механики скорость прямолинейно-равномерно движущихся тел относительна. Но уже с самого начала необходимо подчеркнуть, что понятие «относительно» следует понимать в том смысле, какое ему придается в физике, а не в том смысле, как его понимают в философии. Когда мы в физике говорим «относительное движение», — это имеет узко физический смысл, а именно: движение тела, относимое к определенному другому телу, а не безотносительно к какому бы то ни было телу. Между тем как в философии понятие относительности означает неполноту, приблизительную точность наших знаний и, в зависимости от философского направления, утверждает или их полную условность (идеализм), или признает за ними значение объективной истины (диалектический материализм).

Наконец, нужно еще отметить, что, когда мы производили наш эксперимент и вместе с классической механикой делали из него выводы, мы при этом молчаливо делали целых три допущения. Первое допущение — что время течет одинаково во всех инерциальных системах (в данном случае — на платформе и в вагоне одинаково). Второе допущение — что все масштабы длин остаются постоянными, не меняются от движения вагона и сам вагон не удлиняется и не укорачивается от того, что он движется, длина его остается постоянной. Третье допущение принимается как якобы само собой разумеющееся, что в движущемся вагоне справедлива геометрия Эвклида.

Но человек, побуждаемый уже достигнутыми успехами науки и техники, ставит вопрос так: если нельзя отличить с помощью механического эксперимента покоящуюся систему от системы движущейся, если нельзя установить, каково движение нашего вагона относительно абсолютной системы отсчета, т. е. абсолютного пространства и абсолютного времени, — то нельзя ли с помощью каких-либо других, немеханических опы-

тов обнаружить движение вагона относительно абсолютного пространства и абсолютного времени? Почему бы не попытаться, например, установить это абсолютное движение с помощью звука, света или электричества?

Звук, как известно, представляет упругие колебания какой-либо среды, например, воздуха. Когда мы говорим, то органы речи — голосовые связки — приводят воздух в колебательное движение. Это движение воздуха распространяется в виде шаровых волн, доходя до барабанной перепонки уха и действуя на нервы, вызывает ощущение звука. Для распространения звука необязателен только воздух. Средой распространения звуковых волн могут быть и жидкости, и твердые тела, но важно то, что какое-то тело для распространения звука необходимо. В этом можно убедиться на следующем опыте.

Допустим, мы имеем стеклянный колпак, снабженный краном. Под колпаком установлен будильник на звуконепроницаемых подпорках. Если завести будильник, скажем, на 8 часов, а затем из-под колпака тщательно выкачать воздух, то мы увидим, как в 8 часов боек станет ударять в колокольчик, но звука слышать не будем или будем слышать его лишь слабо, поскольку не достигнем полной звуконепроницаемости и полного устранения воздуха из-под колпака. Но достаточно повернуть кран и тем самым открыть доступ воздуху, чтобы мы снова стали слышать звон будильника с прежней силой.

Звуковые волны распространяются только тогда, когда источник звука помещен в какой-то телесной среде, при ее отсутствии звуковых волн не будет. Этот эксперимент дает не только доказательство тому, что звук распространяется в телах посредством волн. Если мы выкачаем воздух из-под колпака, от этого мы все же не перестанем видеть будильник. Почему это возможно? Потому что свет от источника распространяется также волнообразно. Выкачав из-под колпака воздух, в котором распространяются звуковые волны, почему мы тем самым не уничтожили и для света возможность распространения? На этот вопрос физика до самого последнего времени отвечала так: существует другая, особая среда, являющаяся носителем световых волн; она не может быть выкачана из-под колпака, так как заполняет весь мир и проникает сквозь все тела. Эту другую среду с неизвестными свойствами, о которой только известно, что она носитель световых волн, физики назвали световым эфиром.

Итак, свет так же, как и звук, распространяется волнообразно, но носителями звуковых волн являются обыкновенные тела — газообразные, жидкие или твердые, между тем как носителями световых волн считался эфир, какая-то неизвестная, всепроникающая разновидность материи. Между звуком и светом имеются и другие коренные различия, из них мы укажем лишь следующие три.

Во-первых, скорости, с которыми распространяется звук и свет, очень сильно отличаются друг от друга. Так, в воздухе звук распространяется со скоростью примерно 330 м/сек. Эта скорость крайне мала по сравнению со скоростью распространения света (последняя равна 299 796 км/сек., т. е. примерно в 900 000 раз больше, чем скорость звука).

Во-вторых, характер звуковых и световых колебаний различен. И звуковые, и световые колебания распространяются от своего источника шаровыми волнами. При этом звуковые колебания происходят вдоль направления распространения, т. е. вдоль звукового луча, — они продольные, а световые колебания происходят поперек направления распространения, т. е. поперек светового луча, — они поперечные.

В-третьих, звуковое колебание есть разновидность механического движения, между тем как свет есть разновидность значительно более сложного движения, движения электромагнитного. Если в звуковой волне колеблются частицы упругого тела, например, воздуха, то в световой волне колеблются электромагнитные напряжения. Эти напряжения электрических и магнитных сил в каждой точке пространства возрастают и уменьшаются, вновь возрастают и вновь уменьшаются, как указано на рис. 2. От точки к точке эти колебания распространяются со скоростью света, но в самих точках они могут происходить быстро — тогда мы имеем дело со светом, или медленно — тогда получаются радиоволны. Чем чаще чередуются световые волны, тем они короче — это в случае фиолетового света, и, наоборот, чем реже волны, тем они длиннее — это для красного света. В природе имеются не только все переходы между фиолетовым и красным светом и не только невидимые длинные волны (например, радиоволны), но и невидимые короткие (например, ультрафиолетовые волны).

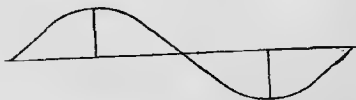


Рис. 2

К сказанному следует добавить, что объяснение световых и электромагнитных явлений, от которых первые отличаются лишь количественно, может быть дано и без эфира. Современная физика пришла к выводу, что материя существует по крайней мере в двух разновидностях: во-первых, как вещество, т. е. в виде газообразных жидких и твердых тел, обладающих зернистой структурой, во-вторых, как волновая материя, называемая также полем (гравитационным, электромагнитным). Обе эти разновидности неразрывно связаны друг с другом: вокруг любой частицы вещества ее поле распространяется во все стороны. Таким образом, физика не признает теперь ни пустого пространства, т. е. пространства без материи, ни заполняющего пространство эфира, в который тела являются как бы погруженными, а имеет дело лишь с известными частицами вещества: молекулами, атомами, электронами и т. д., и неразрывно связанными с каждой отдельной частицей полями — электромагнитным полем и полем тяжести.

Мы должны отметить еще одно обстоятельство. Из того, что свет представляет собой волновой процесс следует замечательное явление, так называемая интерференция, которое вкратце можно выразить так: свет+свет=темнота. Это лишь выглядит противоречиво. На самом деле две волны в одних условиях могут усиливать друг друга, в других, напротив, могут взаимно погашаться. Последнее происходит в том случае, если одна волна определенным образом сдвинута относительно второй волны. Поэтому всегда явления интерференции — образование темных полос или колец — свидетельствуют о том, что волны света или проходили различной длины путь, или же при одинаковом пути двигались с различной скоростью.

Наконец, необходимо все время иметь в виду, что раз свет распространяется волнообразно, то его скорость не зависит от скорости движения источника.

Если бы свет, как полагал Ньютон, представлял собой частицы, выбрасываемые источником, подобно тому, как пулемет выбрасывает пули, то к скорости этих частиц прибавлялась бы или убавлялась скорость движения источника, в зависимости от ее направления, так же, как это происходит в случае, когда, например, из пулемета стреляют с самолета по цели. Но данные современной физики опровергают взгляды Ньютона на природу света. Более того, наука обнаружила, что источ-

ник света только возбуждает колебания, которые затем распространяются дальше самостоятельно, независимо от того, как движется источник, а поэтому движение источника не оказывает никакого влияния на скорость распространения световых волн. Иное дело, если допустить, что сам прибор, принимающий свет, движется относительно среды, в которой распространяются волны. Тогда к скорости света будет прибавляться или вычитаться скорость приемника.

После того, как мы выяснили разницу и сходство между распространением звука и света, попытаемся теперь ответить на вопрос: можно ли установить с помощью звукового опыта в самом вагоне — движется ли вагон или покоится на месте. Ответ будет двояким. В одном случае, когда воздух движется вместе с вагоном, т. е. если герметически закупоренный вагон увлекает находящийся в нем воздух, мы, производя в этом вагоне какие-либо звуковые опыты, не сумеем определить — движется вагон или нет. В таком вагоне со звуком все будет происходить так же, как если бы вагон стоял на месте.

В другом случае, если вагон не увлекает при своем движении воздух, если он проходит через воздух так, что человек, сидящий в вагоне, чувствует воздух в виде ветра, — тогда звуковым опытом можно вполне точно определить — движется вагон или нет. Представим себе, что такой вагон имеет длину, скажем, в 10 км и пусть в середине этого вагона трубят горнист, а в обоих концах вагона наблюдатели А и Б слушают его (см. рис. 3). Тогда если вагон движется, не увлекая с собой

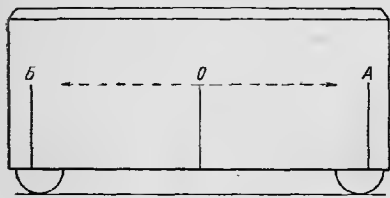


Рис. 3

воздуха, то, измеряя скорость звука в местах нахождения наблюдателей А и Б, мы получим два различных результата: до наблюдателя А звук будет доходить раньше, чем до наблюдателя Б. Отсюда мы можем заключить, что вагон движется, и даже сумеем определить его скорость.

Посмотрим теперь, что будет происходить при опытах со светом.

Можно ли посредством опыта со светом в вагоне узнать — движется данный вагон или покоится на месте? Аналогично тому, как и со звуком, и здесь возможны два ответа. Если вагон при своем движении увлекает с собой так называемый эфир или, в свете новых воззрений в физике, электромагнитное поле, то посредством эксперимента со светом или с электромагнитными волнами никак не удастся измерить скорость вагона относительно поля. Если же вагон не будет увлекать с собой электромагнитное поле, то такой эксперимент должен дать возможность эту скорость измерить. Итак, все упирается в то, увлекает или не увлекает движущееся тело с собой среду распространения света.

Выдающийся германский физик Герц, впервые обнаруживший экспериментально электромагнитные волны, именно так сформулировал этот вопрос в 1890 г. Он высказал предположение, что движущееся тело увле-

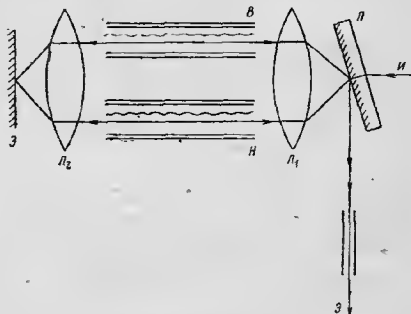


Рис. 4

кает с собой эфир. Предположение это неверно. Из тех многочисленных опытов, которые доказывают это, укажем здесь лишь на два. Первый — это опыт французского физика Физо, относящийся к 1871 г. На рис. 4 дано схематическое изображение этого опыта.

Здесь имеются две трубки: верхняя В и нижняя Н, через которые постоянно проходит вода, причем через верхнюю трубку вода течет справа налево, а через нижнюю — слева направо. От источника И свет направляется к пластинке П, которая, будучи слева прозрачной, преломляет его. Затем через линзу Л₁ свет направляется в эти две трубки. Таким образом, пучок света разделяется на две части: одна из них проходит через верхнюю трубку, другая — через нижнюю. Пройдя через трубки, эти два пучка вновь соединяются линзой Л₂, затем отражаются зеркалом З, и проходят вторично весь путь в обратном направлении, пока не соединятся снова на пластинке П, отражающей его к экспериментатору Э.

Следя за движением каждого из пучков в отдельности, мы замечаем, что один проходит по пути движения воды, а другой — против ее движения, как это показано на схеме. И оказывается, экспериментатор, действительно, замечает разницу — наблюдает интерференцию света, приходит к выводу, что скорость каждого из световых пучков различна. Тогда сравнительно простым вычислением он устанавливает, насколько изменяется скорость света в движущейся среде, по сравнению с его скоростью в среде неподвижной. Полученная, таким образом, формула скорости света в движущейся телесной среде не совместима с предположением Герца об увлечении эфира движущимся телом; она согласуется лишь только с допущением, что эфир остается неподвижным.

Второй опытный факт, наблюдавшийся впервые еще в 1725 г. и объясненный затем Брадлеем, также противоречит предположению Герца, — это явление звездной абберации, т. е. видимого смещения небесного тела, которое происходит от сочетания орбитальной скорости Земли со скоростью света. Опыт показывает, что, наблюдая звезду, астроном должен чуть-чуть наклонять астрономическую трубу в направлении движения Земли; иначе, пока свет будет проходить через трубу до глаза наблюдателя, Земля успеет продвинуться немного вперед вдоль своей орбиты, и наблюдатель, в случае, если труба была направлена строго к звезде, последнюю не увидит.

Таким образом, мы видим звезды, собственно, не на том месте, где они действительно находятся, а немного сдвинутыми под определенным углом вперед, в направлении движения Земли (см. рис. 5). Угол этот очень мал, его максимум равен около $20''.47$ (угловых секунд). Движение Земли вокруг Солнца по эллипсу приводит к тому, что и образ наблюдаемой звезды описывает на небесном своде как бы маленький эллипс, а истинное положение звезды находится в центре этого эллипса. Если бы эфир двигался вместе с Землей, то не было бы абберации, не нужно было наклонять трубу вперед. Следовательно, допущение Герца об увлечении эфира движущимся телом опровергается и этим наблюдением.

Голландский физик Лорентц стоял на прямо противоположной Герцу точке зрения. В самом конце XIX в. он выдвинул гипотезу, что эфир абсолютно неподвижен, не принимает никакого участия в движении тел, в том числе и нашей Земли, а посему Земля, проходя через неподвижный эфир, должна встречать своего рода «эфирный ветер». Из допущения Лорентца вытекает, что движение Земли относительно эфира должно сказаться в виде изменений величин, измеряемых один раз в направлении движения Земли вокруг Солнца, а другой раз против направления ее движения или перпендикулярно к нему.

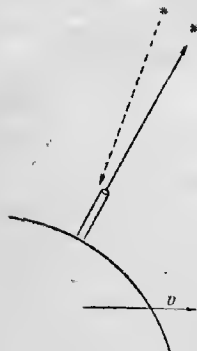


Рис. 5

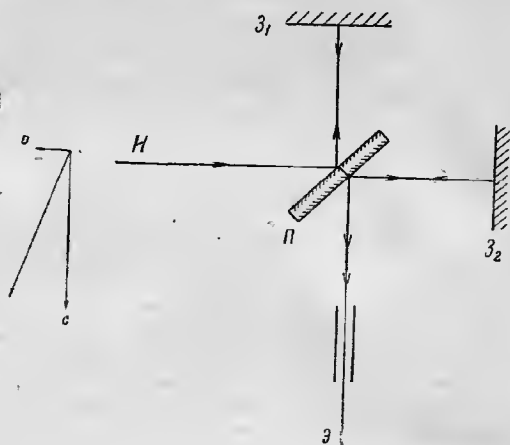


Рис. 6

Эти изменения должны быть пропорциональны не самому отношению скорости движения Земли к скорости света ($\approx 0,0001$), а квадрату этого отношения, т. е. одной стомиллионной. Конечно, нужна величайшая точность, чтобы обнаружить столь малое изменение.

В 1881 г. американский физик Майкельсон, построивший исключительно точный прибор — интерферометр, попытался опытным путем проверить гипотезу Лорентца. Этот сложный по конструкции, но простой по идее прибор, схематически выглядит так (см. рис. 6): от источника И узенький пучок света направляется к стеклянной пластинке П, слегка посеребренной, благодаря чему она одновременно и пропускает свет и отражает его. Падая на эту пластинку, пучок света расщепляется: одна его часть отражается от пластинки, доходит до зеркала Z_1 , отражается от него, возвращается к пластинке П, проходит через нее, попадая к экспериментатору Э. Другая часть того же пучка сначала проходит через пластинку П, отражается от другого зеркала Z_2 , снова падает на пластинку П, отражается от нее и также идет к экспериментатору Э. Причем оба зеркала — Z_1 и Z_2 — поставлены на одинаковых расстояниях от пластинки П, вследствие чего путь обоих пучков будет точно одинаковой длины.

Так как этот прибор, выполненный с огромной точностью и со всевозможными предосторожностями, устанавливается на Земле, а она движется, как показано на рисунке, в направлении $ИЗ_2$, то оба пучка проходят разные пути: один из них проходит часть пути параллельно движению Земли, а другой — перпендикулярно движению Земли. Тогда, допуская неподвижность эфира, мы должны ожидать явления интерференции, ибо световые волны окажутся сдвинутыми относительно друг друга.

И вот, несмотря на то, что эксперимент обещал обнаружить явление в десять раз меньшее, чем ожидаемое, — ничего обнаружено не было. Не удалось обнаружить движения Земли относительно неподвижного эфира, хотя эксперимент после Майкельсона повторяли много раз и с еще большей точностью, хотя ставились эксперименты и с электромагнитными явлениями. Было установлено, что никаким оптическим или электромагнитным опытом нельзя определить движение Земли относительно неподвижного эфира Лорентца. Выяснилось также, что скорость света одинакова для всех инерциальных систем, т. е. для всех

систем, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно.

Таким образом, физика пришла к противоречию: механика Ньютона утверждает, что существует неподвижное пространство, относительно которого надо производить измерения, а из опыта Майкельсона и ему подобных следует, что никакого движения относительно этого пространства обнаружить нельзя. Механика Ньютона утверждает, что скорости одинаково направленные всегда складываются, а противоположно направленные — вычитаются; здесь же установлено, что скорость света, а также скорость распространения электромагнитных волн всегда одинакова, независимо от того, с какой механической скоростью движется система и в какую сторону.

Создавшееся противоречие между ньютоновской механикой и электродинамикой выявилось, таким образом, в отрицательном результате опытов Майкельсона и других, показавших невозможность установить движение Земли относительно неподвижного эфира, неподвижного пространства и т. д. Выход из этого противоречия пытались найти физики Фитцджеральд и Лорентц. По их гипотезе, при движении тел размеры в направлении движения сокращаются. Такое сокращение якобы вызывается тем, что тела состоят исключительно из заряженных электричеством частиц, электромагнитные поля которых при движении деформируются.

Если бы эта гипотеза была верна, то указанное сокращение действительно объясняло бы, почему опыт Майкельсона не мог обнаружить движения Земли относительно абсолютно неподвижного эфира. Но вскоре выяснилось, что и ряд других следствий, вытекающих из этой гипотезы, также не оправдался на опыте. А сейчас и основное предположение, что материя имеет исключительно электромагнитную природу, нельзя больше поддерживать. Установлено, что среди составных частей атома имеются и частицы электрически нейтральные. Выход из затруднения был предложен в 1905 г. 26-летним Альбертом Эйнштейном, создавшим так называемую специальную теорию относительности.

* * *

Специальная теория относительности основана на двух положениях: первое называют «специальным принципом относительности», а второе — «принципом постоянства скорости света в пустоте».

Специальный принцип относительности гласит, что никаким опытом — механическим, оптическим или электромагнитным — нельзя установить абсолютное движение какого-либо тела, т. е. нельзя установить — покоится ли это тело или движется прямолинейно-равномерно, т. е. покой и прямолинейно-равномерное движение нельзя различить никаким экспериментом. Иначе говоря, этот принцип отрицает абсолютную систему отсчета Ньютона, заявляя, что она не существует, а существуют только относительные системы отсчета.

Второй принцип гласит, что скорость света в «пустоте» постоянна, причем под «пустотой» понимается пространство вдали от больших масс, скажем, в межзвездном пространстве, где скорость света — величина постоянная, равная 299 796 км/сек. Практически влиянием масс на изменение скорости света можно пренебречь и в других случаях.

Каковы следствия, вытекающие из этих принципов? Прежде всего — это критика ньютоновских представлений о времени и пространстве. Ньютон представлял себе время, пространство и материю оторванными друг от друга. Для вопроса об измерении промежутков времени и пространственных расстояний, по Ньютону, безразлично — движется система

или покоится. Ньютон, в особенности его последователи, даже не задумывались над тем, как измеряются промежутки времени или пространственные расстояния на движущихся телах.

Заслуга Эйнштейна состоит в том, что он поставил этот вопрос как важнейший физический вопрос и потребовал, чтобы физика определила, как измеряются промежутки времени и пространственные расстояния. В самом деле, в покоящейся системе сличить, например, временные показания часов легко, ибо если в одном и том же месте стрелки на циферблатах двух различных часов будут находиться в одинаковых положениях, то это значит, что отмеченные их указаниями события произошли одновременно (если только предварительно установлено, что обое часов идут одинаково).

Но если два тела движутся относительно друг друга, то для определения одновременности события, безусловно, нужно договориться об определенном способе сличения показаний часов, находящихся на этих телах. Самое простое — это, находясь около одних часов, иметь возможность хотя бы видеть вторые часы. Но видеть — это значит допустить посредничество света, который всегда распространяется хотя и с большой, но все же не с бесконечной скоростью. Дело не изменится и при употреблении радиоволн вместо световых сигналов, так как радиоволны — это лишь частный случай волн электромагнитных. Выбор же последних как сигналов определяется тем, что скорость их распространения одинакова во всех инерциальных системах отсчета. Следовательно, и для прохождения света или радиоволн тоже нужно время.

Дело, как видно, усложняется. Мы хотим сличить время, установить одновременность показания стрелок на часах, но для этого оказывается тоже нужно время, и оно всегда должно входить в наши расчеты. Конечно, если, например, в комнате находится несколько человек, то против того, что эти люди находятся в комнате одновременно, никто здравомыслящий спорить не станет. Но вот если кто-либо, наблюдая звезду, станет утверждать, что он и эта звезда существуют одновременно, в этом как раз можно законно усомниться. Если звезда находится на очень большом расстоянии от Земли, — а ведь имеются звезды, находящиеся на таком большом расстоянии от Земли, что свету требуются миллионы лет для достижения нашей планеты, — то может случиться, что видимая этим наблюдателем звезда давно уже не существует и он видит ее такой, как она выглядела миллионы лет тому назад.

Значит, в случаях больших расстояний при установлении одновременности события надо учитывать время, требуемое для прохождения света, различие между измерением и существованием одновременности отдельных событий. Так же дело обстоит и в случаях с очень большими скоростями, и поскольку физика устанавливает общие закономерности физических процессов, постановка вопроса Эйнштейном о порядке определения одновременности не только законна, но и необходима.

Как же все-таки установить точно одновременность физических явлений? Разберем для примера некоторую покоящуюся систему С. Пусть это будет жесткий стержень АБ, положенный на Землю и имеющий неизменную длину (см. рис. 7). На концах стержня в А и Б помещены одинаково идущие часы. Для того, чтобы установить одновременность совершения наблюдаемых событий посредством показаний этих часов, поставим между А и Б в точке О наблюдателя и договоримся, что наблюдатели, находящиеся в точках А и Б, будут давать сигналы каждый по своим часам, когда стрелка будет показывать на них полный час, наблюдателю в точке О.

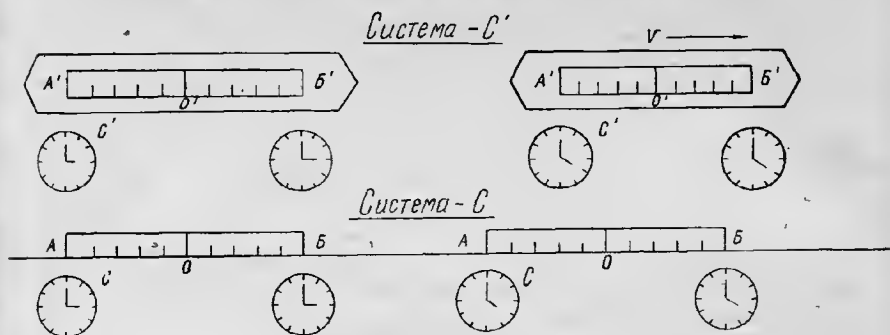


Рис. 7

Этот наблюдатель будет регистрировать сигнал, причем эту регистрацию, равно как и подачу сигнала от А и Б, можно организовать автоматически, независимо от субъективных качеств наблюдателя. Так как свет имеет постоянную скорость и, следовательно, проходит равные расстояния в равные времена, то совпадение отметок при регистрации сигналов будет означать, что показания часов, находящихся на обоих концах стержня, в точности одновременны.

Пусть теперь кроме системы С у нас имеется другая система С' — стержень А'Б' той же длины, как и АБ, но помещенная, например, на дирижабле. На обоих концах этого стержня мы снова, как и раньше, разместим наблюдателей с одинаково идущими часами и также поместим наблюдателя в середине стержня в точке О', который будет регистрировать приход сигналов.

Допустим, мы установили, что, пока оба стержня находятся в состоянии покоя относительно друг друга, все четверо часов фиксируют точно одновременность событий. Но предположим, что дирижабль — система С' будет двигаться относительно системы С со скоростью v слева направо, а эксперименты продолжают и на Земле — в системе С, и на дирижабле — в системе С'. Все время наблюдатели А, Б, О и А', Б', О' будут подавать и регистрировать сигналы. Допустим, что регистрация в точке О покажет, что часы А и Б идут одновременно, и что то же покажет и регистрация в точке О' относительно часов в А' и Б'.

Но мы дадим теперь наблюдателям О и О' дополнительную нагрузку, а именно: заставим наблюдателя О регистрировать еще и то, что происходит на дирижабле — в системе С', т. е. приход сигналов от А' и Б', а наблюдателя О' заставим регистрировать то, что происходит на Земле — в системе С, т. е. приход сигналов от А и Б. Тут-то и получится конфуз. Часы на Земле — в системе С — показывают, например, 5 часов. И вот если мы, находясь в этой системе С, будем наблюдать за часами, находящимися на дирижабле — в системе С', который движется с большой скоростью относительно Земли — системы С, то заметим, что там часы идут замедленно и показывают всего только 4 часа!

Замечательно и другое: находящийся на дирижабле — в системе С', наблюдая за тем, что происходит на Земле — в системе С, увидит, что это его часы показывают правильное время, между тем как на Земле — в системе С — запаздывают. Таким образом, выходит, что для наблюдателя в первой системе запаздывают часы во второй системе, и наоборот; выходит, что время теперь уже не протекает одинаково во всех системах, как это предполагал Ньютон.

В каждой системе имеется свое собственное течение времени, не в том смысле, что оно зависит от наблюдателя, что это его субъективное время, — нет, оно свое «собственное» или «местное» в том смысле, что относится именно к данной материальной системе. В другой же материальной системе, движущейся относительно этой первой, тоже есть свое «собственное» или «местное» время. Итак, Эйнштейн установил, что одновременность, величина промежутка времени между двумя событиями, зависит от движения тела, а не есть нечто абсолютное, независимое от движения данной материальной системы.

То же самое и с измерением длины. Если мы будем, находясь на Земле — в системе S , измерять длину стержня, находящегося на дирижабле — в системе S' (когда обе системы неподвижны относительно друг друга), то окажется, что эта длина равна длине стержня, находящегося на Земле — в системе S . Но для того, чтобы, находясь в системе S , измерить длину стержня $A'B'$, необходимо сравнить ее с длиной AB , а это возможно сделать лишь тогда, когда A' будет двигаться над A и мы одновременно будем отмечать, над какой точкой системы S находится B' . Измеряя длину дирижабля, когда он будет двигаться относительно Земли, мы, находясь в системе S , убедимся, что длина эта получится укороченной. Но и система S , в свою очередь, получится укороченной для того, кто будет измерять ее длину с дирижабля.

Что два события, происходящие одновременно с точки зрения одной системы, происходят разновременно с точки зрения другой системы, кажется противоречивым здравому смыслу и это в самом деле наглядно представить трудно. Но что два события, происходящие с точки зрения одной системы в том же самом месте, происходят с точки зрения другой системы в разных местах, хотя с первого взгляда также может показаться противоречащим здравому смыслу, однако это легко представить наглядно. Если мы, например, бросаем из движущегося вагона через одно и то же окно предметы сначала один, потом другой, то по отношению к вагону эти события происходят в одном месте, по отношению же к платформе — в различных местах пространства.

В этих случаях нельзя говорить о том, какое измерение верно и какое неверно. Верно и то, и другое потому, что самый критерий верности, так, как он применяется к относительно покоящейся системе, теряет здесь смысл. Для того, чтобы это понять, не требуется особых знаний математики, но зато требуется отказаться от привычных нам, установившихся понятий. Укороченные длины — это не обман зрения, не субъективное переживание, а объективно установленный факт. Есть ли тогда смысл говорить, что система имеет абсолютную длину. Нет, ее длина относительна, она имеет определенную длину по отношению к какой-то движущейся системе, как, в свою очередь, та имеет опять-таки определенную длину по отношению к первой системе.

Почему физика прежде пренебрегала, а мы в обыденной жизни и теперь пренебрегаем такими тонкостями? Потому, что мы молчаливо допускаем, что скорость света бесконечно большая, что свет от источника приходит к нам мгновенно. Пока мы имеем дело с такими скоростями, которые обычны у нас на Земле, включая и скорости пушечных снарядов (и исключая лишь скорости частиц атома), мы знаем, что все они, по сравнению со скоростью света, столь малы, что их отношением к скорости света, а тем более квадратом этого отношения, мы можем спокойно пренебречь. Поэтому мы можем сооружать наши здания, мосты, каналы, тоннели, конструировать машины без учета того, что при

относительном движении длины «укорачиваются», «замедляется» ход часов и т. д.

Но все это мы обязаны учитывать, когда хотим построить целостное, научное объяснение явлений природы, тем более, что во внутриатомных явлениях учет следствий, вытекающих из того, что скорость света конечна и постоянна, приводит к важным выводам. То обстоятельство, что мы молчаливо допускали бесконечно быстрое распространение света, не анализировали физических способов измерения одновременности, приводило к пренебрежению явлениями сокращения масштабов и замедления хода времени в быстро движущихся системах.

Теперь же мы должны сказать: те явления, которые происходят одновременно в одной системе, не происходят одновременно в другой, и наоборот. Понятие одновременности в этом смысле теряет свое значение.

Следует еще отметить, что раз длины относительны, то и форма тел относительна. Так, если вместо стержня движется шар, то он, с точки зрения другой системы, окажется сплюснутым по направлению движения — эллипсоидом, потому что перпендикулярно к направлению движения все длины сохраняются, а по направлению движения они будут укорачиваться.

Итак, при переходе из одной инерциальной системы к другой, изменяются промежутки времени и пространственные расстояния между событиями. Расстояния между двумя физическими событиями и промежутки времени между ними теперь уже не абсолютны, а относительны, т. е. зависят от данной системы отсчета. Значит, в новой физике теории относительности или, как ее называют, в релятивистской физике теряют свое прежнее абсолютное значение расстояние и промежуток времени.

В классической физике они были оторваны друг от друга, тогда как новая физика их соединяет в новом понятии интервала. Под пространственно-временным интервалом понимают именно неразрывное единство расстояния и промежутка времени. Величина этого интервала не зависит от относительного движения тел, но сам интервал между какими-либо двумя событиями распадается по-разному на пространственное расстояние и временной промежуток, в зависимости от движения тела, от которого мы измеряем эти величины.

На самом деле, нельзя же определить пространственное положение какого-либо тела, не учитывая при этом времени. С другой стороны, нельзя определить время без того, чтобы не принять во внимание пространственное положение данного тела. Следовательно, в материальной действительности время и пространство между собой неразрывно связаны, то и другое суть формы существования самой движущейся материи. В дорелятивистской физике, в физике классической, мы имели дело с оторванными от материи абстракциями времени и пространства, оторванными вследствие этого и друг от друга.

Математическое единство пространства и времени получило название четырехмерного «мира», данное ему Минковским, так как три измерения пространства здесь объединены с временем, обладающим только одним измерением. Нужно, однако, подчеркнуть, что, во-первых, это объединение пространства и времени не означает их отождествления друг с другом. Нет, и в четырехмерном «мире» Минковского временные промежутки отличаются от пространственных расстояний тем, что во времени можно двигаться лишь в одну сторону — от прошлого через настоящее к будущему, между тем, в пространстве можно двигаться в любом направлении в обе стороны, например, слева направо и наоборот, спереди назад и обратно, снизу вверх и сверху вниз. Это обстоятельство отражено в том, что временные промежутки измеряются в че-

тырехмерном «мире» единицами, качественно отличными от тех, которыми измеряются пространственные расстояния.

Во-вторых, четырехмерный «мир» Минковского не имеет ничего общего с утверждением спиритов, будто в действительности существует пространство четырех измерений. Четырехмерный «мир» есть математическая абстракция, где время рассматривается как «четвертое измерение» только по аналогии с настоящими пространственными измерениями. Поэтому, когда математики или физики вместо четырехмерный «мир» иногда говорят «четырехмерное пространство», они выражаются не совсем точно.

Такое пренебрежение к употреблению правильной, с точки зрения философии, терминологии, дает повод людям, предпочитающим веру науке, «научно» обосновывать мистицизм и всякие «чудеса» вроде того, что можно попасть в совершенно замкнутую комнату не пробивая стен — «через четвертое измерение». Но, понятно, теория относительности с подобными бреднями, основанными на предположении действительного существования четырехмерного пространства, не имеет ничего общего.

Из основных идей специальной теории относительности вытекает целый ряд важных и поразительных следствий. Во-первых, согласно теории относительности скорости складываются по другому закону, нежели это имеет место в классической физике, где они складываются, как известно, по закону параллелограмма сил, а в простейшем случае, когда их направления совпадают, — просто арифметически. В теории относительности результирующая скорость будет всегда меньше, чем простая арифметическая сумма. Разница между тем, что мы получим по формулам классической физики, и тем, что получим по формулам теории относительности, не будет ощутительна, если обе складываемые скорости малы по сравнению со скоростью света. Даже если это будут скорости, равные 1 000 км/сек., то и тогда эта разница будет составлять всего 22 м/сек.

Но если мы будем иметь дело со скоростями порядка 100 000 км/сек., разница достигнет 10 000 км/сек., а значит станет уже ощутительной. В случае же, когда тело движется со скоростью 300 000 км/сек. и сюда прибавляется еще скорость того же порядка, то сложение скоростей по формуле теории относительности даст результирующую опять только 300 000 км/сек. Иначе говоря, никаким сложением скоростей нельзя получить скорость большую, чем скорость света. Скорость света — 299 796 км/сек. в «пустоте» — является предельной скоростью для механического и электромагнитного движения.

Формулу сложения скоростей теории относительности можно проверить экспериментально. Физики имеют теперь в своем распоряжении частицы, движущиеся со скоростями, близкими к скоростям света. Такими являются электроны, протоны и другие. Прделано, например, огромное количество опытов над движением электронов катодных лучей, движущихся со скоростями порядка 200 000 км/сек., полностью подтверждающих эту формулу.

Второй, весьма важный вывод из специальной теории относительности — это положение о существовании собственной энергии тела. Оказывается, для того, чтобы тело обладало энергией, ему не нужно непрерывно придавать энергию извне, как этому учила классическая физика, ибо всякое тело обладает запасом энергии. Это было выведено Эйнштейном теоретически и вычисляется по формуле, гласящей, что энергия (E) тела равна его массе (m), умноженной на квадрат скорости света (C), т. е. $E=mc^2$.

Любые тела, если они имеют одинаковую массу, обладают одинаковым запасом энергии. Этот запас энергии огромный. Для одного грамма массы он превышает 9 000 000 кг/м, т. е. равен работе, с помощью которой 9 180 тонн можно поднять на высоту 1 000 км! Так что из одного грамма угля путем его сжигания мы получаем энергию, составляющую только миллиардные доли этого немомверного запаса энергии.

Получить эту энергию — значило бы освободить всю энергию, которая связывает данный кусок вещества в единое целое и не дает частицам, образующим его атомы, разлетаться в стороны. И многочисленные опыты над искусственным расщеплением атомов показали, что вещество действительно содержит колоссальнейшие запасы энергии, тем самым они полностью подтвердили вышеприведенную формулу Эйнштейна.

Можно сказать, что вся современная передовая научная мысль в области атомной физики прямо или косвенно работает над проблемой — получить в распоряжение человека эту энергию, содержащуюся в любом куске вещества. В настоящее время, хотя и удастся при разбиении отдельных тяжелых атомов получить значительную долю такой энергии, но делается это способом еще непригодным для технического использования полученной энергии. Когда это удастся, а такое время уже, несомненно, близко, наступит величайший переворот в технике, в развитии производительных сил. Обо всех последствиях этого мы пока можем только мечтать.

Из формулы Эйнштейна для собственной энергии тела следует, что всякая энергия обладает массой (величину ее можно вычислить, разделив данную энергию на квадрат скорости света) и наоборот. Так, например, нагревая тело, мы тем самым увеличиваем его энергию, но тогда должна возрасти и его масса. Это увеличение массы весьма мало — при увеличении температуры 1 кг воды на 1° C его масса увеличивается всего на 5 десятибиллионных долей грамма. Прежний взгляд на массу, как величину постоянную и независимую от температуры, не может больше считаться справедливым.

То же самое имеет место и в отношении химических реакций. Когда соединяются 2 грамма водорода и 16 грамм кислорода, то образуется 18 грамм воды, при этом происходит отдача тепла, вследствие чего мы не получим точно 18 грамм воды, а на 3 миллионных доли миллиграмма меньше. Таким образом, закон постоянства массы в этом смысле оказывается лишь приблизительным. Надо однако иметь в виду, что излучаемое тепло также обладает массой, хотя и проявляющей себя не так, как частица вещества, но все же если учесть и эту массу, то закон сохранения массы остается в силе, получая новое толкование.

Итак, из формулы для собственной энергии следует, что масса и энергия тел неразрывно связаны друг с другом, что всякая масса обладает энергией и наоборот. Это и есть не что иное, как основное положение диалектического материализма — нет материи без движения и нет движения без материи. Закон сохранения массы и закон сохранения и превращения энергии, выражающие несотворимость и неуничтожаемость материи и ее движения, прежде трактовавшиеся раздельно, в отрыве друг от друга, теперь сформулированы в единый закон сохранения и превращения энергии — массы.

Из специальной теории относительности вытекает, что масса — величина переменная, что она зависит от скорости. Чем больше скорость тела, тем больше увеличивается его масса. Из того обстоятельства, что масса изменяется со скоростью (факт, установленный экспериментально, независимо от теории относительности), идеалисты, подменяя понятие массы понятием материи, делали вывод, будто материя исчезает.

Ленин, как известно, дал уничтожающую критику этим измышлениям в «Материализме и эмпириокритицизме».

Мы должны отметить, что в пользу специальной теории относительности говорят не только отдельные эксперименты, но также все развитие современной атомной физики. Сам Эйнштейн, применив в 1905 г. свою теорию к вопросу о свете, открыл, что свет не представляет собой просто волны, но вместе с тем и отдельные частицы, названные фотонами, несущие каждая определенную порцию энергии. Эти частицы, зарождаясь в излучающем атоме и погибая в поглотившем их атоме, существуют лишь тогда, когда они вместе с световой волной несутся со скоростью света. Изучая испускание и поглощение света атомами, Эйнштейн, применяя формулы теории относительности, сумел найти количественные закономерности так называемого фотоэлектрического эффекта — вырывание электронов из атомов под влиянием света большой частоты.

Наконец, с помощью законов специальной теории относительности, в 1924 г. де-Бройлем была сформулирована волновая теория материи. Созданная Бором еще в 1913 г. модель атома оказалась устойчивой лишь тогда, когда были использованы формулы теории относительности. Модель Бора была лишь первым грубым приближением к действительности, она непоследовательно, механически объединяла обрывки различных несовместимых теорий. И только когда де-Бройль, исходя из теории относительности, дополнил мысль Эйнштейна, приписывавшего каждой волне частицу, положением, приписывающим каждой частице вещества некоторый связанный с ней волнообразный процесс, тогда наметился некоторый выход из противоречий боровской модели.

Изложенная нами здесь в кратких чертах специальная теория относительности в настоящее время, в известном смысле, считается лишь как бы введением в общую теорию относительности, знаменующую собой еще более решительную ломку понятий физики.
